

ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGIA EN LA RED ELECTRICA
PARA LOS EQUIPOS DE AUDIO Y VIDEO EN LA
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE

ALEXANDER JIMENEZ OSORIO
JUAN MANUEL FAJARDO CADENA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRICA
SANTIAGO DE CALI
2008

ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGIA EN LA RED ELECTRICA
PARA LOS EQUIPOS DE AUDIO Y VIDEO EN LA
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE

ALEXANDER JIMENEZ OSORIO
JUAN MANUEL FAJARDO CADENA

Pasantia para optar al título de
Ingeniero Electricista

Director
HENRY MAYA
Ingeniero Electricista

Asesor
CARLOS ALBERTO BORRERO
Ingeniero Electricista

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRICA
SANTIAGO DE CALI
2008

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de Grado
en cumplimiento de los requisitos
exigidos por la Universidad
Autónoma de Occidente para optar
Al título ingeniero electricista

CIRO ENRIQUE QUISPE
Jurado

JESUS ANTONIO LEMOS
Jurado

Santiago de Cali, 15 de Julio de 2008

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
INTRODUCCION	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA ENERGIA DE LA RED DEL CPA	12
1.1 PLANTEAMINETO DEL PROBLEMA	12
1.2 MARCO TEORICO	12
1.3 ANTECEDENTES	13
1.4. OBJETIVOS	14
1.4.1 Objetivo General	14
1.4.2. Objetivos Específicos	14
2. METODOLOGÍA USADA EN EL ANALISIS	16
2.1. PROCEDIMIENTO	17
2.2 DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS AUDIOVISUALES CONECTADOS A LA RED ELECTRICA DEL CPA	24
2.3. DESCRIPCION DE LA RED ELECTRICA DEL CPA	26
2.4 EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL ESTUDIO	28
3. MEDICION Y ANALISIS DE LA CALIDAD DE LA ENERGIA EN LA RED ELECTRICA DEL CPA	30
3.1. VARIACIONES DE TENSION DE ESTADO ESTABLE	30
3.2 HUNDIMIENTOS (Sags)	31
3.3 ELEVACIONES (Swells)	32

3.4 VARIACIONES DE TENSIÓN DE LARGA DURACIÓN (SUBTENSIONES Y SOBRETENSIONES)	32
3.5 DESBALANCE DE TENSIÓN	33
3.6 FLICKER	35
3.7 INTERRUPCIONES DE CORTA DURACIÓN (DURACIÓN < 1 MINUTO)	35
3.8 INTERRUPCIONES DE LARGA DURACIÓN (DURACIÓN ≥ 1 MINUTO)	35
3.9 ARMÓNICOS DE TENSIÓN	36
3.10 ARMÓNICOS DE CORRIENTE	38
3.11 MUESCAS DE TENSIÓN	40
3.12 VARIACIONES DE FRECUENCIA	41
3.13 SOBRETENSIONES TRANSITORIAS	43
3.14 PUESTAS A TIERRA	43
4. BUENAS PRACTICAS DE INGENIERIA EN INSTALACIONES ELECTRICAS	47
5. CONCLUSIONES	49
6 RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFIA	52
ANEXOS	53

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Desbalances permitidos de acuerdo al nivel de tensión.	33
Tabla 2. Parámetros Eléctricos Estudio de Televisión	34
Tabla 3. Valores referencia de THD Voltaje.	37
Tabla 4. Valores de Referencia Armónicos de corriente.	38
Tabla 5. Valores de referencia de frecuencia.	42
Tabla 6. Estudio de puestas a tierra de la Universidad Autónoma de Occidente.	45

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Meta típica de diseño de fabricantes de computadores	25
Grafica 2. Registro de Tensión en una Fase.	31
Grafica 3. Hundimientos de Tensión.	31
Grafica 4. Elevaciones de Tensión.	32
Grafica 5. Registro Eléctrico.	34
Grafica 6. Espectro Armónico Totalizador Sala de Diseño.	37
Grafica 7. Espectro Armónico Estudio de Televisión.	38
Grafica 8. Espectro armónico totalizador.	39
Grafica 9. Armónicos Trifásico estudio de televisión.	40
Grafica 10. Curva con Muesca de tensión.	40
Grafica 11. Muesca cabina de audio 2.	41
Grafica 12. Medidas de Frecuencia con planta de emergencia.	43
Grafica 13. Sistema puesta a tierra dedicada e interconectada.	44

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Cabina de Audio 1	18
Figura 2. Cabina de Audio 2	18
Figura 3. Cabina de Edición de video 1	19
Figura 4. Cabina de Edición de video 2	19
Figura 5. Cabina de Edición video 3	20
Figura 6. Estudio de TV Alterno	20
Figura 7. Estudio de TV Principal	21
Figura 8. Sala 1 de Diseño Grafico	21
Figura 9. Sala 2 de Diseño Grafico	22
Figura 10. Salas de Pre-edición de Video	22
Figura 11. Master del Canal 4	23
Figura 12. Master de emisión noticiero 90 minutos	23
Figura 13. Central de video	24
Figura 14. Tablero de Distribución Sótano Norte.	27
Figura 15. Transformador 75 KVA.	27
Figura 16. Transformador de 50 KVA.	28
Figura 17. Equipo Analizador de redes FLUKE 43.	29
Figura 18. Planta De Emergencia.	36
Figura 19. Cableado no recomendado cabina de edición 3.	48
Figura 20. Cableado no recomendado central de video.	48

LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo A. Diagrama Unifilar Sótano 1	53
Anexo B. Diagrama Unifilar Sótano 2	54

RESUMEN

Debido a la inquietud y necesidad de colaborar con la optimización del funcionamiento de la red eléctrica que conecta los equipos del área de multimedios de la Universidad Autónoma de Occidente, se intensifica el estudio de la calidad de la energía para dicho departamento. Entonces, se trata de verificar, analizar y dar las sugerencias necesarias para las posibles soluciones a los inconvenientes y problemas que se presentan en esta área.

Es así como nace la propuesta del presente estudio, puntualizando alguna información general que ya existe sobre el estudio de la calidad de la energía en la Universidad Autónoma de Occidente.

El presente estudio se ha dividido en tres partes principales que son:

Analizar, verificar y comparar los planos y diagramas eléctricos existentes de la red eléctrica del área de multiservicios.

Realizar las mediciones correspondientes a los puntos eléctricos, tableros, transformadores y demás equipos pertenecientes al área en estudio y comparar con la ficha técnica de los mismos.

De acuerdo con las mediciones y análisis realizado a todos los parámetros y variables eléctricos de equipos y conexiones, se procede a sugerir las posibles soluciones a los problemas encontrados como ruidos, velos y problemas de tierras en estos sistemas.

Conscientes de la necesidad de ir avanzando cada día en conocimiento e investigación sobre calidad de energía y con el firme propósito de que este estudio, aporte las bases necesarias para el inicio de futuras investigaciones sobre el tema enfocado con la mayor seriedad y responsabilidad para lograr completarlo a satisfacción.

INTRODUCCION

La calidad de la energía eléctrica es un tema que cada vez despierta un mayor interés en las empresas. Este concepto integral encierra una gran cantidad de disturbios de diferente naturaleza que puede ocurrir en los sistemas de generación, transmisión, distribución ó en las instalaciones del usuario final. En este caso el termino calidad lo veremos aplicado en los usuarios finales, ahora se habla de interrupciones de voltaje, caídas de tensión y transitorios de voltaje. es por ello que debido a los diferentes cambios, proyecciones, adquisición de equipos de alto costo y sumado a que actualmente la tecnología de grabación de audio y video exige calidad y fidelidad incomparables, en el CENTRO DE PRODUCCION AUDIOVISUAL (CPA) de la UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE, se hace importante y necesario el estudio de calidad de energía, ya que no esta aislado de problemas como ruido eléctrico, producido por las puestas a tierra, además de los inconvenientes que agregan a estos sistemas los armónicos, transitorios y cambios tanto de frecuencia, voltaje y corriente.

Además, los sistemas más sensibles a las perturbaciones en el sistema eléctrico son aquellos que involucran cargas de tipo electrónico. Las perturbaciones pueden causar perdida de información, mal funcionamiento de equipos, errores y van hasta el daño parcial o total de estos. El gran desarrollo tecnológico ha permitido la construcción de equipos electrónicos complejos con características no lineales, que a su vez son más sensibles a las perturbaciones electromagnéticas.

Después del estudio realizado y teniendo en cuenta los problemas y parámetros anteriores, se dio las conclusiones necesarias y sugerencias concretas para la posible solución total y definitiva de dichos inconvenientes.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA ENERGIA DE LA RED DEL CPA

1.1 PLANTEAMINETO DEL PROBLEMA

El departamento de Planta Física de la Universidad Autónoma de Occidente en los últimos años, se ha visto en la necesidad de hacer modificaciones a la red eléctrica que conecta el Departamento de Multimedia ya que los equipos instalados en esta red se han visto afectados por problemas de calidad de energía, sin embargo dichas modificaciones no han logrado la solución optima y definitiva; debido al crecimiento de la universidad en equipos y plataforma tecnológica en este Departamento. Algunos de los problemas consultados al usuario final son:

- Ruidos en los sistemas de audio.
- Velos frecuentes en los monitores de vídeo.
- Inestabilidad de la frecuencia en la UPS en los momentos que se está trabajando con planta de emergencia.
- Problemas de unificación de puestas a tierra.
- Falta de equipos de soporte de energía para algunos equipos en estado de emergencia.

Otros posibles problemas que el usuario no detecta serán identificados durante el estudio de calidad de energía en la red eléctrica del C.P.A.

1.2 MARCO TEORICO

Para desarrollar el Proyecto; Estudio De Calidad De Energia En La Red Electrica Del Centro De Produccion Audiovisual De La Universidad Autonoma De Occidente es importante tener claro los conceptos de las variables involucradas en este tipo de investigación, tales como la tensión, corriente, armónicos, frecuencia, transitorios y perturbaciones del sistema eléctrico en general. Cumpliendo con la metodología de los siguientes Estándares:

- Proyecto de norma técnica colombiana NTC 5000-X versión 27 marzo 2007; sobre calidad de la potencia eléctrica límites y metodología de evaluación en punto de acople común.
- IEEE-519; recomienda que las compañías suministradoras mantengan los niveles de distorsión de voltaje debajo del 5%, y que los clientes mantengan la inyección de corriente debajo de valores que dependen de la rigidez del sistema.
- IEEE-1100; que define; la calidad de potencia es el concepto de alimentación y puesta a tierra de un equipo sensible, es la manera apropiada para la operación de dicho equipo.
- En las referencias IEEE 1159-1995, se presentan los tópicos fundamentales a tener en cuenta para una adecuada monitorización de la calidad de la energía eléctrica (suministro y consumo) y son una referencia obligada de estos temas. En este artículo se presentan algunos de los aspectos presentados en estas referencias y otros tópicos relacionados con el procesamiento digital de señales de magnitudes eléctricas.

Además Para elaborar el Estudio de Calidad de la Energía, será necesario utilizar los siguientes datos y equipos de medición:

- Diagrama unifilar general mostrando la naturaleza de las cargas.
- Datos de los transformadores del sistema.
- Equipos especiales para analizar disturbios eléctricos como el Fluke 43 monofásico con su respectivo software Fluke View PQ analyzer for windows y el analizador trifásico Fluke 434.
- Finalmente se debe conocer la ficha técnica de los equipos, (cámaras de video, consolas de audio, mezcladores de video y sistemas de edición de audio y video).

1.3 ANTECEDENTES

En términos generales, la calidad de la energía eléctrica es un conjunto de propiedades inherentes tanto a la continuidad del suministro como a la calidad de

las ondas de tensión y de corriente que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que otras. En varios países, especialmente en Europa, la calidad de la energía eléctrica tiene que ver con dos aspectos: atención al cliente y calidad del suministro de energía eléctrica.

La atención al cliente tiene que ver con aspectos comerciales, mientras que la calidad del suministro de energía eléctrica se divide en dos grandes temas:

- 1. La continuidad del suministro.
-
- 2. La calidad del producto: que se refiere a las variaciones en la forma de onda, frecuencia y amplitud en las señales de tensión y corriente.

Dentro del soporte bibliográfico para el desarrollo de esta investigación, se encontró con el trabajo de grado de los estudiantes Wilmar Labiano Y Giovanni Medina Roldan (2006), donde se hace el diagnóstico energético de la Universidad Autónoma de Occidente basado en calidad de energía efectuada en las tres sub-estaciones. Dicho estudio nos arroja datos importantes que dan pie para realizar una investigación más puntual y precisa al respecto.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General. El presente estudio tiene como Objetivo general, identificar, analizar, prevenir y sugerir las correcciones necesarias, a las diferentes fallas y problemas que presentan los circuitos de la red eléctrica que conecta los equipos de audio y vídeo del Centro de Producción Audiovisual de la Universidad Autónoma De Occidente.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Recopilar y clasificar la información técnica de los diferentes equipos, tanto de medición como los equipos a los cuales se les van a tomar dichas mediciones, tales como Transformadores, tableros eléctricos, etc.
- Identificar los diferentes circuitos eléctricos que componen la red y compararlos con los planos existentes en la Universidad.
- Realizar mediciones de los diferentes parámetros eléctricos, tales como: Voltaje, Corriente, Frecuencia, Transitorios y Armónicos entre otros, en los

cuartos eléctricos que pertenecen a esta red y en los sitios en donde se encuentran instalados los equipos de audio y vídeo.

- Comparar los parámetros eléctricos medidos en la práctica, con la información de la ficha técnica de cada uno de los equipos y teniendo en cuenta las especificaciones de las Normas Icontec. En este caso realizar las correcciones necesarias a los equipos de la Red Eléctrica.
- Generar informes parciales que nos lleven a obtener uno final con las posibles soluciones a los problemas que existen actualmente y los encontrados durante el proyecto.

2. METODOLOGÍA USADA EN EL ANALISIS

La metodología a utilizar en el desarrollo del proyecto, será de análisis y verificación de datos, pues el trabajo se inicia con la identificación de los diferentes circuitos que componen la red que conecta el **C.P.A** de la UAO, y compararlos con planos ya existentes. Simultáneamente se realizarán las mediciones de las diferentes variables eléctricas necesarias de tipo B; Este tipo de medida es usada en aplicaciones de diagnóstico de instalaciones, para estudios estadísticos u otras aplicaciones en donde no se requiere un alto nivel de precisión. En este paso se realizarán las entrevistas que sean necesarias con el asesor y director del proyecto, con el fin de obtener la mayor cantidad de información. Se utilizarán equipos especiales para analizar disturbios eléctricos como el Fluke 43 monofásico con su respectivo software Fluke View PQ analyzer for windows y el analizador trifásico Fluke 434, equipos a los cuales se tiene la disponibilidad necesaria para el desarrollo de las diferentes mediciones:

- Fluke 43 monofásico, disponibilidad total.
- Fluke 434 analizador trifásico, del 14 al 25 de Mayo y del 4 al 12 de Junio de 2007.

De igual forma se dispondrá a sectorizar y realizar un plan de inspección detallada por los diferentes tableros eléctricos que están comprometidos en la investigación. Con base en lo anterior, se hará el respectivo análisis para plantear las posibles soluciones.

Para desarrollar la metodología anterior se tiene en cuenta la siguiente normatividad:

❖ **Monitoreo de Parámetros Eléctricos**

- Norma IEEE 1159-1995, Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality
- Norma IEEE 519-1992, Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems

❖ **Sistema Eléctrico**

- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE

- Código Eléctrico Colombiano, Norma NTC 2050
- Manual de Inspección de Instalaciones Eléctricas de NFPA
- Norma IEEE 1100-1999, Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment

❖ **Sistema de Puesta a Tierra**

- Código Eléctrico Colombiano, Norma NTC 2050, Sección 250
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, Artículo 15
- Norma IEEE 142-1991, Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power systems
- Norma IEEE 80-2000, Guide for Safety in AC Substation Grounding
- Norma IEEE 1100-1999, Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment.

2.1. PROCEDIMIENTO

Inicialmente se realizaron varias reuniones con el Asesor Técnico de la Universidad Autónoma, el cual nos brindo la información necesaria para poder empezar con el análisis. Los sitios donde se realizaron las respectivas medidas de las variables eléctricas son los siguientes:

Figura 1. Cabina de Audio 1



Figura 2. Cabina de Audio 2



Figura 3. Cabina de Edición de video 1



Figura 4. Cabina de Edición de video 2



Figura 5. Cabina de Edición video 3



Figura 6. Estudio de TV Alterno



Figura 7. Estudio de TV Principal



Figura 8. Sala 1 de Diseño Grafico



Figura 9. Sala 2 de Diseño Grafico



Figura 10. Salas de Pre-edición de Video



Figura 11. Master del Canal 4



Figura 12. Master de emisión noticiero 90 minutos



Figura 13. Central de video



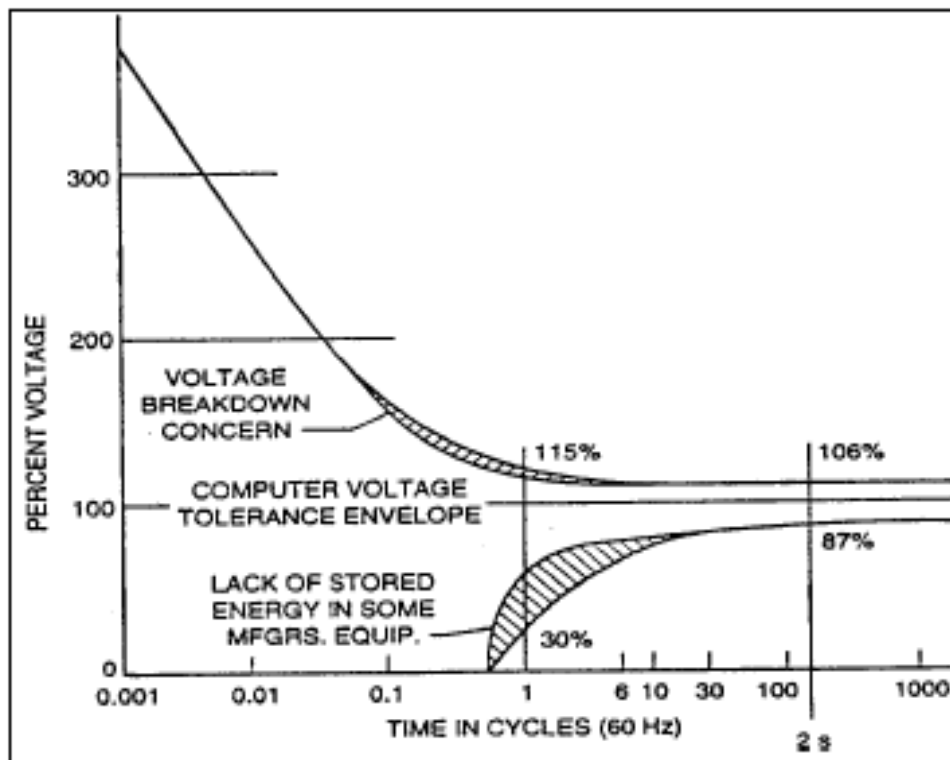
2.2 DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS AUDIOVISUALES CONECTADOS A LA RED ELECTRICA DEL CPA

El concepto de protección implica la confrontación de un entorno hostil y un equipo sensible.

La protección del equipo sensible que opera en un ambiente hostil es el objetivo de la tecnología de compatibilidad electromagnética, en la que los equipos eléctricos y electrónicos operen en este entorno sin sufrir o causar interferencia electromagnética que degrade su funcionamiento.

Determinar el nivel de sensibilidad del equipo es un aspecto difícil de cuantificar ya que se requiere la información precisa de los fabricantes, sin embargo un proceso de consenso ha producido una curva de los niveles típicos de sensibilidad que se ilustra en la grafica 1.

Grafica 1. Meta típica de diseño de fabricantes de computadores



Fuente: TÉLLEZ RAMÍREZ, Eugenio. Calidad de La Energía [en línea]. Puebla: Watergy México, 2006. [consultado 15 de mayo de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento/Calidad%20de%20la%20Energia.pdf>

La gráfica 1, solo indica la magnitud del voltaje con la correspondiente duración del disturbio, sin que compare la razón de cambio del voltaje, siendo este aspecto importante en dos puntos:

- ❖ Una razón de cambio rápida tiene mayor capacidad de producir un disturbio en circuitos adyacentes por acoplamiento capacitivo e inductivo.
- ❖ Una razón de cambio lenta puede hacer inefectivo a un dispositivo de protección basado en insertar inductancia en la línea de potencia.

También en la grafica 1, se muestra el impacto que hay sobre los equipos que tienen los disturbios considerando su amplitud, duración y razón de cambio.

Cuando nos remitimos a estudiar las características de los equipos; como VTR (maquina que reproduce y graba diferentes clases de cintas de video), monitores, cámaras, consolas de audio y luces, mezcladores de emisión, televisores, iluminación y codificadores; en sus respectivos manuales para poder dar una descripción, se concluye que las características en general para equipos sensibles son:

- Tendencia general al aumento de sensibilidad a perturbaciones.
- Compatibilidad Electromagnética.
- Calidad directamente relacionada con costos.
- No se informa su nivel de Inmunidad.
- Garantía de un buen sistema de SPT.

2.3 DESCRIPCION DE LA RED ELECTRICA DEL CPA

El sistema eléctrico de la Universidad Autónoma de Occidente se alimenta en Media tensión (13.2 KV) del circuito de la Univalle de las líneas de EMCALI, llega luego a la celda de medida en donde envía energía a tres subestaciones de Potencia. La Subestación 1 (1000 KVA) provee la energía necesaria para el edificio central con sus sótanos; la Subestación 2 (500 KVA) alimenta los cuatro edificios de las aulas de clases, Bienestar universitario, villa laurentino y plantas de tratamiento de agua y la Subestación 3 (800 KVA) energiza los dos chillers del sistema de aire acondicionado del edificio central.

La subestación de 1000 KVA tiene una relación de transformación de 13.2 KV / 480 Voltios y canaliza en el secundario por medio de una Blindobarra hasta el Tablero de distribución del sótano norte, ilustrado en la figura 1, el cual alimenta eléctricamente, en el nivel de 480 Voltios la iluminación de todo este sector, y energiza los primarios de tres transformadores, uno de 75KVA y dos de 50 KVA. El transformador de 75 KVA, que se muestra en la figura 2, alimenta el CPA y uno de los de 50 KVA, figura 3, alimenta el estudio de TV principal.

Figura 14. Tablero de Distribución Sótano Norte.



Figura 15. Transformador 75 KVA.



Figura 16. Transformador de 50 KVA*.



2.4 EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL ESTUDIO.

Los equipos utilizados para la realización de mediciones en el CPA, fueron los siguientes:

- Analizador de calidad de energía, marca FLUKE, modelo 43, ilustrado en la figura 4, con medición de parámetros eléctricos de voltaje, corriente real rms, frecuencia, factor de potencia, armónicos, sags, swells, transitorios de tensión y potencia entre otros.
- Analizador de calidad de energía, marca FLUKE, modelo 434, Trifásico, con medición de parámetros eléctricos de voltaje, corriente real rms, Potencia, frecuencia, factor de potencia, armónicos, sags, swells, transitorios de tensión y potencia entre otros.
- Medidor de polaridad Fluke.
- Probador de continuidad de fase marca Fluke, Ref. 1AC-A, 90/600 Vac.

* Ver Anexo A. Diagrama Unifilar Sótano 1 y Anexo B Diagrama Unifilar Sótano 2.

Figura 17. Equipo Analizador de redes FLUKE 43.



3. MEDICION Y ANALISIS DE LA CALIDAD DE LA ENERGIA EN LA RED ELECTRICA DEL CPA

Las recomendaciones realizadas en el informe se basan en la normatividad nacional e internacional vigentes como son las normas NFPA 780, IEC 61008 – IEC 61009, IEEE 1100/92, IEEE C 62-41, IEEE C62-45, IEEE C 62-1, IEEE 519 – 92 y la normatividad colombiana RETIE, Resolución CREG 108 de 1997, NTC 2050, NTC 1340, proyecto NTC 5000 entre otras; además se presentan gráficas de los diferentes parámetros analizados donde se observan las tendencias y caracterización de los mismos.

Después de analizada toda la información obtenida en las mediciones en los diferentes puntos del CPA, se obtuvieron los resultados que a continuación se describen:

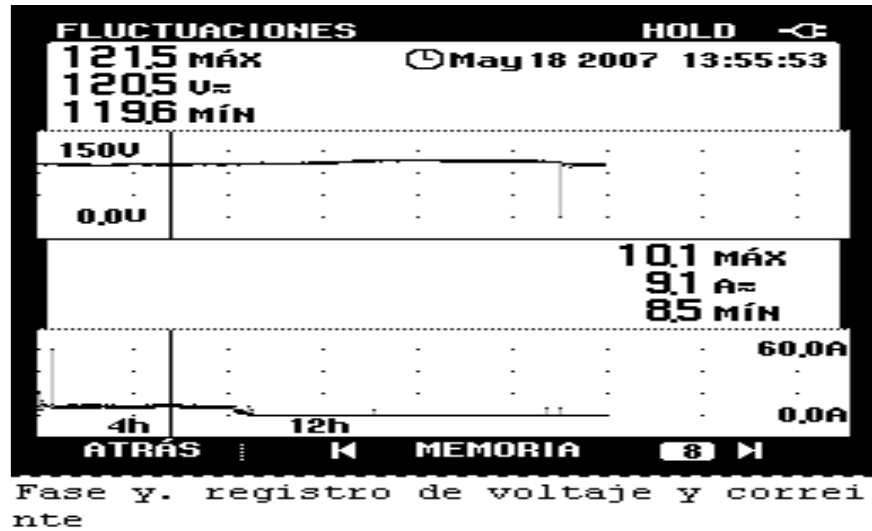
3.1. VARIACIONES DE TENSION DE ESTADO ESTABLE

Según la NTC 5000, las variaciones de tensión de estado estable son desviaciones de larga duración del valor eficaz de la tensión a la frecuencia de la red (60 Hz.). Los valores de referencia para las variaciones de tensión de estado estable son $\pm 10\%$ de la tensión de alimentación declarada.

En condiciones normales de operación, la regulación de voltaje en el campus universitario de la Universidad Autónoma es estable dentro de los valores que sugiere la norma. Los voltajes registrados en todos los puntos medidos a frecuencia fundamental (60 Hz), no presentaron variaciones importantes de regulación.

En la grafica #2, se muestra el registro de tensión en una de las fases del totalizador que alimenta las cabinas de audio y video como ejemplo.

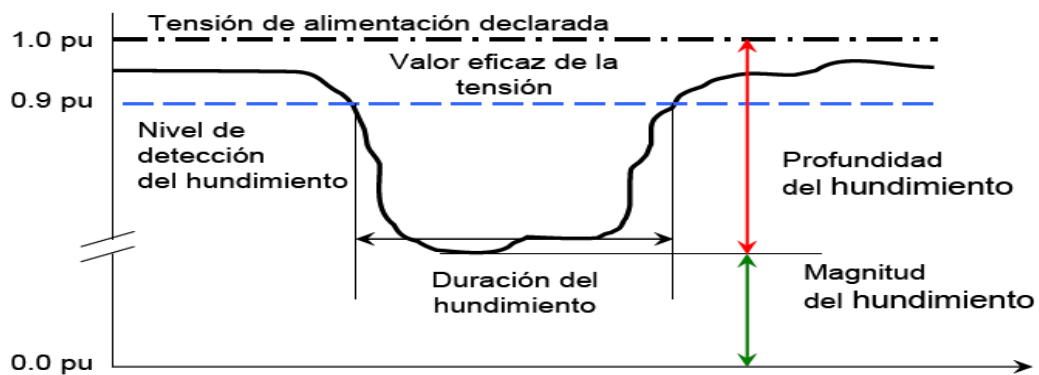
Grafica 2. Registro de Tensión en una Fase.



3.2 HUNDIMIENTOS (Sags)

Los hundimientos de tensión (Sags), grafica 3, son reducciones súbitas del valor eficaz de la tensión por debajo del 90% de la tensión declarada, seguido por un retorno a un valor más alto que el 90% de la tensión declarada, en un tiempo que varia desde los 8,33 milisegundos (medio ciclo a 60 Hz) hasta un (1) minuto.

Grafica 3. Hundimientos de Tensión.



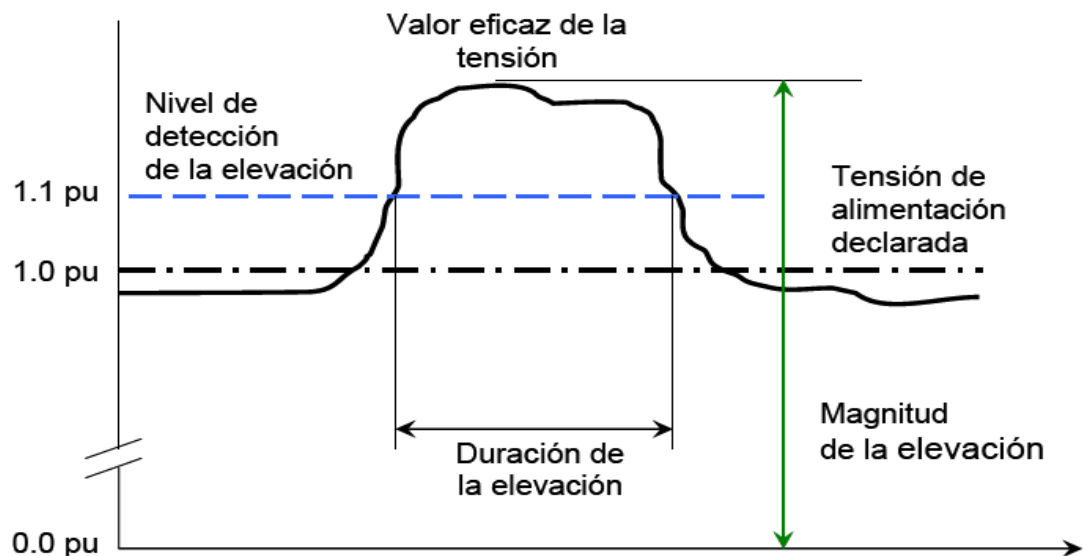
Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Calidad de la potencia eléctrica (CPE): Definiciones y términos fundamentales. Bogotá, D.C: ICONTEC, 2002. p 12. NTC 5000.

En ninguno de los puntos medidos se encontraron registros de Sags de tensión.

3.3 ELEVACIONES (Swells)

Las elevaciones de tensión (swells), grafica #4, son aumentos súbitos del valor eficaz de la tensión por encima del 110% de la tensión declarada. Las sobre tensiones temporales pueden durar entre 8.33 milisegundos (medio ciclo) y 1 minuto.

Grafica 4. Elevaciones de Tensión.



Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Calidad de la potencia eléctrica (CPE): Definiciones y términos fundamentales. Bogotá, D.C: ICONTEC, 2002. p 12. NTC 5000.

En ninguno de los puntos medidos se encontraron registros de Swells de tensión.

3.4 VARIACIONES DE TENSIÓN DE LARGA DURACIÓN (SUBTENSIONES Y SOBRETENSIONES)

Los eventos en tensión de larga duración (> 1 minuto), pueden ser Sobretensiones o subtensiones dependiendo si las el valor eficaz de la tensión están por encima o por debajo del $\pm 10\%$ de la tensión de alimentación declarada respectivamente.

En los puntos medidos no se detectó problemas de sobre tensiones o subtensiones.

3.5 DESBALANCE DE TENSIÓN

Este índice caracteriza la magnitud y asimetrías del ángulo de fase de las tensiones trifásicas en operación de estado estable. El factor de desbalance de tensión es definido usando la teoría de componentes simétricas, como la relación entre la componente de secuencia negativa de la tensión y la componente de secuencia positiva.

Los valores de referencia del desbalance, de acuerdo al nivel de tensión, se presentan en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Desbalances permitidos de acuerdo al nivel de tensión.

<u>Rango de Tensión</u>	<u>Valor de Referencia</u>
$V_n < 69 \text{ kV}$	2.0 %
$V_n \geq 69 \text{ kV}$	1.5 %

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Calidad de la potencia eléctrica (CPE): Definiciones y términos fundamentales. Bogotá, D.C: ICONTEC, 2002. p. 12. NTC 5000.

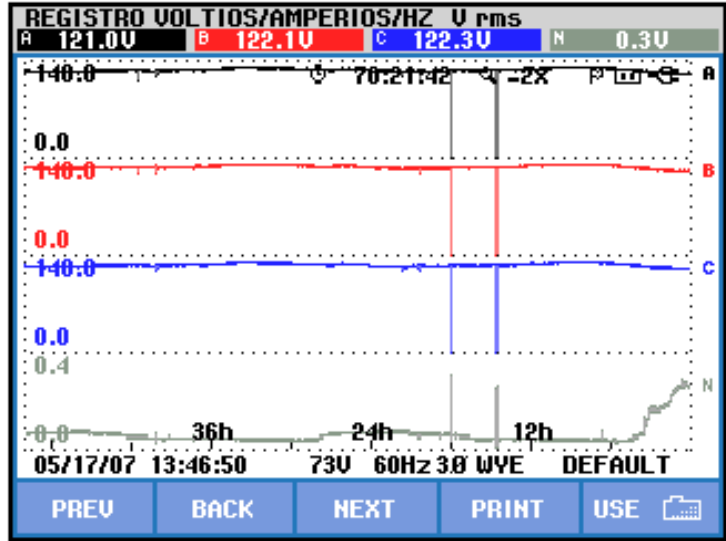
De acuerdo a lo medido, tabla 2, en los totalizadores de los transformadores que provee de energía a las cabinas de Audio y video, grafica #9, y del estudio de televisión, podemos decir que no existen desbalances representativos en las cargas instaladas de tipo monofásico. Sin embargo si puede suceder en el estudio de Televisión en ciertas ocasiones y de forma temporal, ya que dicho sitio se alquila o presta para diferentes eventos e instalaciones provisionales que no cuentan con la suficiente supervisión técnica y se pueden observar desbalances importantes.

Tabla 2. Parámetros Eléctricos Estudio de Televisión

Voltios/Amperios/Hz				
	0:00:33			
	A	B	C	N
V _{rms}	120.4	120.1	121.2	0.0
V _{pk}	172.8	172.4	172.9	0.0
CF	1.44	1.44	1.43	OL
Hz	60.02			
	A	B	C	N
A _{rms}	76.3	56.9	63.8	30.2
A _{pk}	123.7	108.6	107.9	61.6
CF	1.62	1.91	1.69	2.04
06/06/07 10:48:27 73V 60Hz 3Ø WYE DEFAULT				
PREV	BACK	NEXT	PRINT	USE

Tabla parametros eléctricos trafo ET
V

Grafica 5. Registro Eléctrico.



registro eléctrico totalizador salas
edición

3.6 FLICKER

El Flicker es el efecto producido sobre la percepción visual humana por una emisión cambiante de luz debido a iluminación sujeta a fluctuaciones en la tensión de suministro en baja tensión. Las fluctuaciones de tensión consisten de una secuencia de rápidos cambios de tensión espaciadas lo bastante cerca en el tiempo para simular la respuesta del ojo-cerebro definida como flicker. A ciertas frecuencias, el ojo puede percibir el efecto de muy pequeñas fluctuaciones de tensión sobre la iluminación. La mayoría de los equipos, sin embargo, no son afectados por éste fenómeno.

En el área del presente análisis de calidad de energía no se encontraron problemas de Flicker.

3.7 INTERRUPCIONES DE CORTA DURACIÓN (DURACIÓN < 1 MINUTO)

Las interrupciones de corta duración se definen cuando el valor eficaz de la tensión es inferior al 10% de la tensión declarada V_c en todas las fases (en el caso trifásico) con una duración menor a 1.0 minuto.

Este problema de calidad de energía es de pronto el mas representativo y por el cual los equipos sensibles sufren mas en la red eléctrica de la UAO, ya que la acometida de la UAO se encuentra conectada al circuito Univalle, circuito en media tensión que es relativamente largo y por la cantidad de árboles en el sector hace que existan salidas momentáneas del sistema eléctrico, se produzcan reconexiones que hacen que el sistema se apague de forma brusca y vuelva la tensión en algunos segundos después.

3.8 INTERRUPCIONES DE LARGA DURACIÓN (DURACIÓN \geq 1 MINUTO)

Condición en la que el valor eficaz de la tensión de alimentación es inferior al 10 % de la tensión declarada V_c con una duración mayor a 1 minuto. Una interrupción de alimentación puede ser clasificada como:

- Programada. cuando los clientes son informados de antemano para permitir la ejecución de trabajos programados en la red de distribución
- accidental, cuando está provocada por defectos permanentes.
- temporales, la mayoría de las veces asociadas a eventos o daños externos.

Las interrupciones de larga duración son un problema de calidad de energía y depende de la calidad del servicio eléctrico del Operador de la Red eléctrica, pero la infraestructura eléctrica de la Universidad ha dispuesto un sistema de respaldo para estas eventualidades, ya que dispone de una planta eléctrica de emergencia de 956 KVA (véase la figura 5), su combustible es gas natural que obtiene de la red de gas natural de gases de occidente y su funcionamiento es completamente automático, comandado por un PLC que en menos de un minuto ya la carga total de la Universidad autónoma tiene servicio eléctrico.

Figura 18. Planta De Emergencia.



3.9 ARMÓNICOS DE TENSIÓN

Los armónicos de tensión son ondas senoidales cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental (60 Hz). La presente definición cubre armónicos de larga duración o estado estable, excluyendo fenómenos transitorios aislados.

Los valores de D_v y THD_v calculados para cada fase no deben sobrepasar los siguientes valores de referencia de la tabla 3:

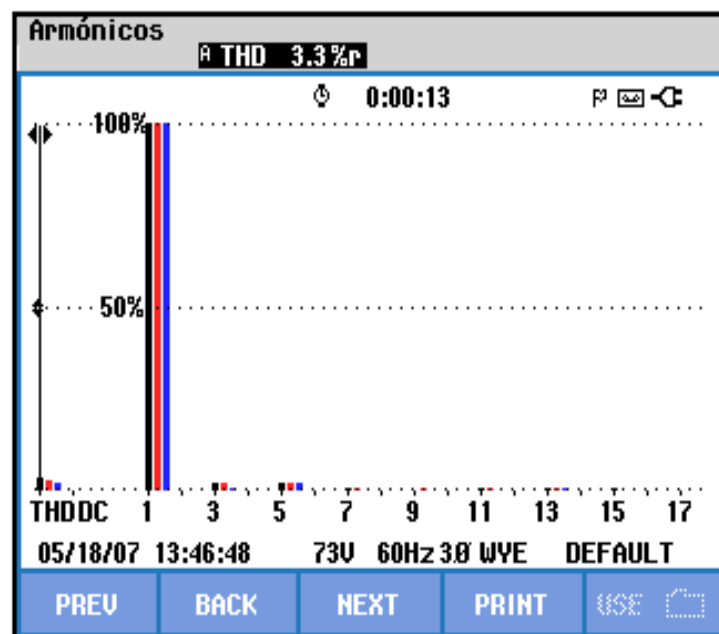
Tabla 3. Valores referencia de THD Voltaje.

Rango de Tensión	Distorsión armónica individual (%)	Distorsión armónica Total-THDv (%)
$1 \text{ kV} < V_n \leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V_n \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$V_n \geq 161 \text{ kV}$	1.0	1.5

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Calidad de la potencia eléctrica (CPE): Definiciones y términos fundamentales. Bogotá, D.C: ICONTEC, 2002. p 11. NTC 5000.

En la grafica 6, se puede observar con detalle uno de los tipos de espectro generado por los armónicos en la sala de diseño.

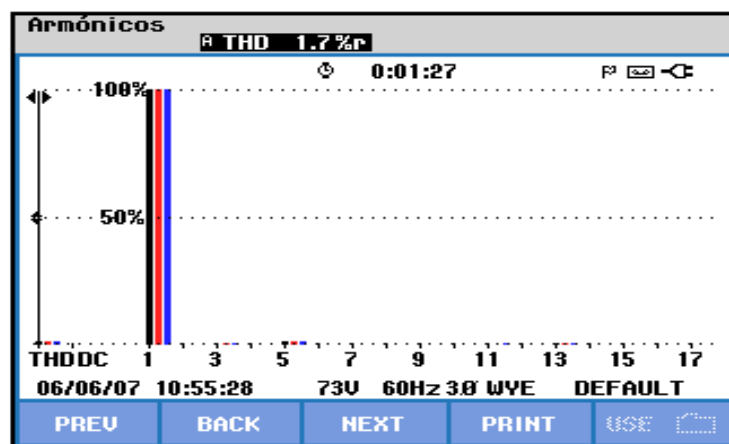
Grafica 6. Espectro Armónico Totalizador Sala de Diseño.



espectro armónico THDv totalizador
salas diseño gráfico

En la grafica 7, se observa el mismo tipo de espectro anterior pero para el Transformador Trifásico del Estudio de Televisión.

Grafica 7. Espectro Armónico Estudio de Televisión.



Armonicos THDv, trifasico trafo ETV

3.10 ARMÓNICOS DE CORRIENTE

Las cargas no lineales conectadas al sistema de suministro eléctrico producen corrientes armónicas que se propagan al sistema de potencia y causan distorsiones armónicas de tensión que afectan a otros usuarios. En la tabla 4, se puede observar algunos valores de referencia de este caso.

Tabla 4. Valores de Referencia Armónicos de corriente.

Límites de distorsión en corriente para sistemas de distribución 120 V < Vn ≤ 69 kV						
Relación I_{sc}/I_L	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	h≥35	TDD
< 20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 < 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 < 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 < 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Calidad de la potencia eléctrica (CPE): Definiciones y términos fundamentales. Bogotá, D.C: ICONTEC, 2002. p 10. NTC 5000.

Donde: **I_{sc}**: Es la mínima corriente de corto circuito trifásica que se tenga disponible para hacer la evaluación en el punto de acople común (amperios rms).

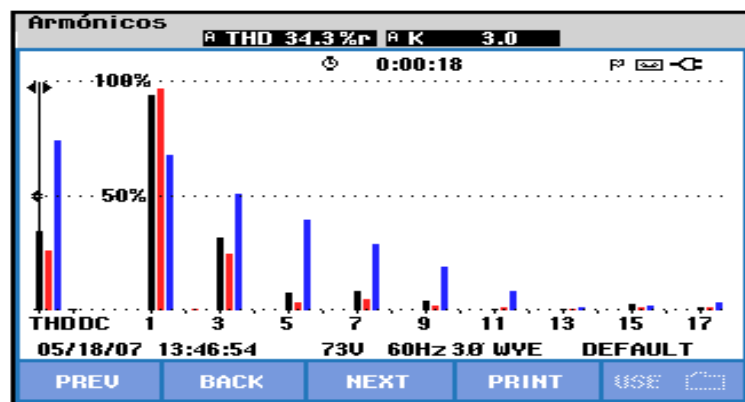
En el caso de un usuario monofásico se debe utilizar la corriente de corto monofásica.

IL: Corriente de demanda máxima en el PCC (componente de frecuencia fundamental - amperios rms)

Podemos observar que el gran acumulado de armónicos, graficas 8 y 9, se encuentra en la sala de diseño gráfico, y es lógico pensarlo ya que son 54 equipos distribuidos en 3 salas de sistemas. Encontramos el tercer armónico más alto característico de los computadores, sin embargo la universidad por tener En su configuración eléctrica transformadores secos ΔY que bajan la Tensión de 480 / 208-120 voltios, el tercer armónico se filtra ahí quedándose en la delta del transformador y evitando su paso a la red primaria. El ing. Carlos Borrero confirma esto, afirmando que en las subestaciones eléctricas el armónico más alto es el 5to producido por cargas como iluminación con balastos electrónicos.

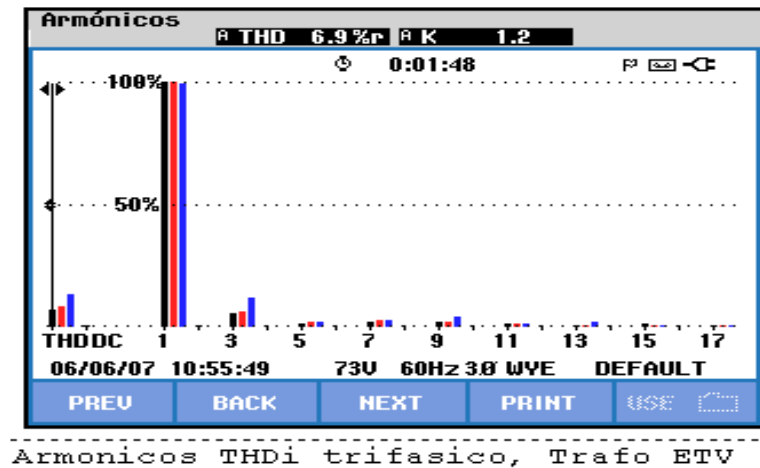
El nivel armónico registrado en el estudio de TV dependerá de la carga que se instale en dicho espacio.

Grafica 8. Espectro armónico totalizador.



espectro armónico totalizador salas
diseño gráfico

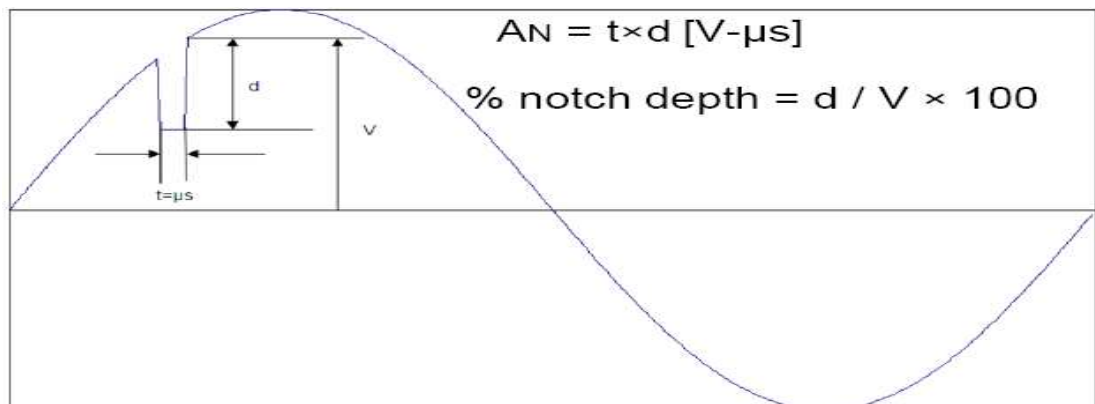
Grafica 9. Armónicos Trifásico estudio de televisión.



3.11 MUESCAS DE TENSION

Las muescas son un fenómeno electromagnético periódico generado por la normal operación de fuentes conmutadas como rectificadores trifásicos basados en SCR's, estas se caracterizan a través de su área indicando el efecto que un rectificador estático tendrá en otras cargas. Como se muestra en la grafica 10 durante un breve período de tiempo se produce entre las fases un cortocircuito que acerca el valor instantáneo de la tensión a cero tanto como se lo permita la impedancia del sistema.

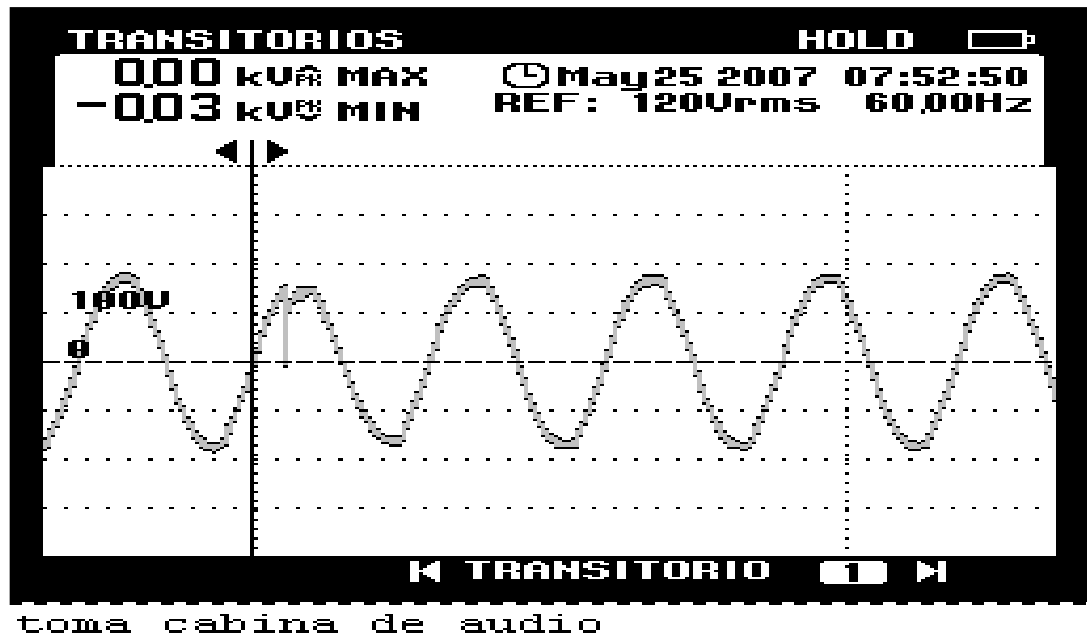
Grafica 10. Curva con Muesca de tensión.



Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Calidad de la potencia eléctrica (CPE): Definiciones y términos fundamentales. Bogotá, D.C: ICONTEC, 2002. p. 12. NTC 5000.

Durante la medición de Transitorios en las cabinas de edición, no se presento ningún tipo de Muesca, a diferencia de la cabina de Audio 2 donde se logro detectar este fenómeno. (Ver grafica 11).

Grafica 11. Muesca cabina de audio 2.



3.12 VARIACIONES DE FRECUENCIA

La frecuencia nominal de la tensión de suministro es 60 Hz. Este valor es determinado por la velocidad de los alternadores en las estaciones de generación. Ver Tabla 5.

Tabla 5. Valores de referencia de frecuencia.

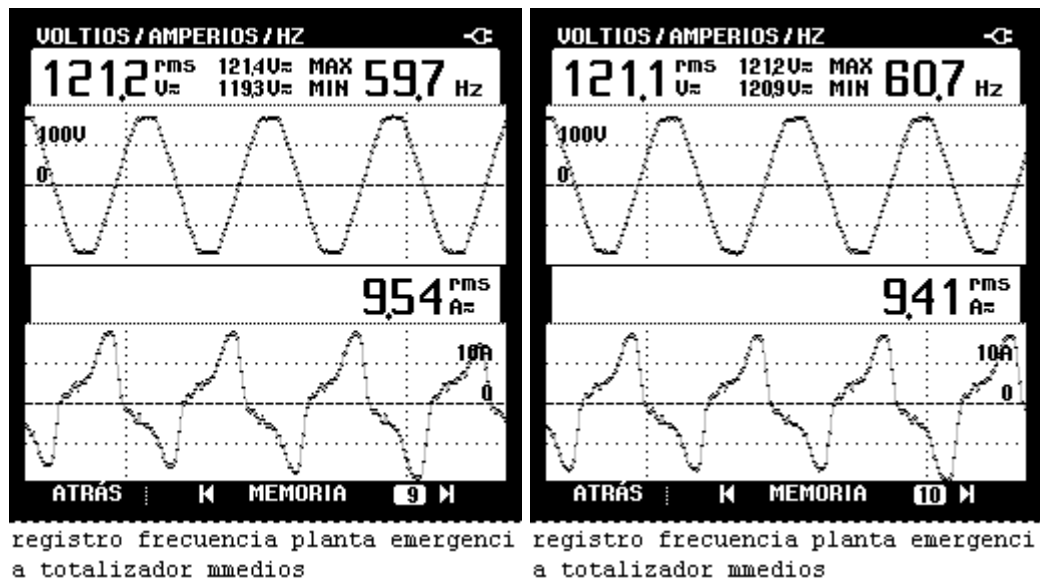
Tipo de red	Frecuencia aceptable durante el 95% de una semana	Frecuencia aceptable durante el 100% de una semana
Redes acopladas por enlaces síncronos a un sistema interconectado	Desde 59.8 Hz hasta 60.2 Hz	Desde 57.5 Hz hasta 63 Hz
Redes sin conexión síncrona a un sistema interconectado (redes de distribución en regiones no interconectadas e islas)	Desde 58.8 Hz hasta 61.2 Hz	Desde 51 Hz hasta 69 Hz

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Calidad de la potencia eléctrica (CPE): Definiciones y términos fundamentales. Bogotá, D.C: ICONTEC, 2002. p 12. NTC 5000.

En la Universidad Autónoma De Occidente se encontró problemas de variaciones de frecuencia considerables cuando se encuentra alimentada por la planta de emergencia, ya que se logró medir variaciones de 59.7 – 60.7 Hz, (ver grafica 12), aunque se cumpliría con la norma ya que cuando estamos con la planta de emergencia el campus universitario sería como un sistema no interconectado (58.8 - 61.2 HZ) pero si causaba problemas ya que las UPS instaladas para los servidores en algunas ocasiones entraban en falla.

Esto se puso en conocimiento del personal de Ingeniería del Dpto. de Planta Física y se procedió con el Contratista Gecolsa encargado del mantenimiento de la planta marca Caterpillar a verificar su funcionamiento con carga. Efectivamente se encontró que la regulación de la frecuencia no era la adecuada y se procedieron a corregir el problema, primero aumentando un poco la presión de entrada de combustible en el alimentador de gas natural y segundo se ajustó con el Controlador PID interno de la Máquina para que las variaciones de frecuencia fueran mínimas.

Grafica 12. Medidas de Frecuencia con planta de emergencia.



3.13 SOBRETENSIONES TRANSITORIAS

Son perturbaciones de muy corta duración, durando típicamente menos de medio ciclo, por ejemplo unos pocos microsegundos (μs) hasta unos varios milisegundos (ms). Las sobretensiones transitorias pueden ser de impulso u oscilatorias y estos pueden deteriorar el aislamiento de los equipos o componentes electrónicos.

En los puntos de medición se encontraron algunas sobretensiones transitorias producidas por las frecuentes tormentas eléctricas que azotan este sector del valle del cauca, sin embargo encontramos que la universidad tiene diferentes anillos de protección contra sobretensiones en la parte de Fuerza, tanto en las subestaciones, como en los tableros de distribución con equipos como DPSs o TVSSs.

3.14 PUESTAS A TIERRA

El sistema de puesta a tierra, (ver grafica #13), es la instalación que comprende electrodos de conexión al subsuelo, los conductores de interconexión, los barrajes equipotenciales y las derivaciones. Existen varias clases de puestas a tierra, las utilizadas para protección contra rayos, la de potencia utilizada para subestaciones y plantas de emergencia y las de edificios para equipos sensibles.

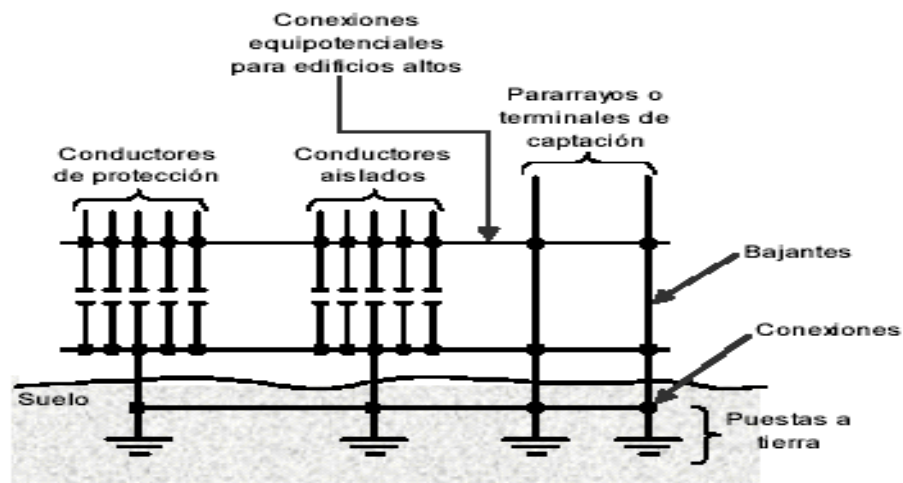
Los objetivos de un sistema de puesta (SPT) a tierra según el reglamento Técnico de instalaciones eléctricas RETIE son: La seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética.

Las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- Servir de referencia al sistema eléctrico.
- Conducir y disipar las corrientes de falla con suficiente capacidad.
- Transmitir señales de RF en onda media.

El RETIE, normaliza que todas las tierras de una misma instalación que compartan señales deben unificarse según la Norma IEC 61000-5-2. Además debe considerarse que para equipos sensibles como los de una cabina de audio o video, se debe construir una malla de tierras con electrodos en cobre y unidos entre sí por cable desnudo en preferencia cobre, utilizando la técnica de soldadura en cada unión y dejando pozos de inspección para futuros mantenimientos. Estos mantenimientos se deben realizar dependiendo de las medidas arrojadas por un telurómetro de tierras o por lo menos con una periodicidad de una vez por año.

Grafica 13. Sistema puesta a tierra dedicada e interconectada.



Fuente: Reglamento técnico de instalaciones eléctricas [en línea]. Bogotá D.C.: Ministerio de Minas y Energía, 2005. [consultado 15 de mayo de 2008]. Disponible en Internet: www.minminas.gov.co/minminas/prensa.nsf/0/6aad1040aad1824f05256ff50067de23?

En los tableros inspeccionados en este análisis encontramos que existe un sistema de tierras sólido e interconectado entre ellas en la Universidad Autónoma. Se respeta el código de colores que se describe en el RETIE y se solicitó al Dpto. de planta Física realizar un mantenimiento del sistema de puestas a tierra para verificar su estado ya que para los equipos sensibles de audio y video, la puesta a tierra es fundamental, mas cuando se envían señales de video y audio de un edificio a otro, o de una cabina a otra.

En la tabla 6, se observa cuadro del mantenimiento y análisis de tierra de todos los puntos del Campus de la UAO en valle del lili.

Tabla 6. Estudio de puestas a tierra de la Universidad Autónoma de Occidente.

ZONA DE SUBESTACION	MEDIDAS DE RESISTENCIA A TIERRA				
ELECTRODOS	VALORES EN Ω	CONDICIÓN DEL TIEMPO	TEMPERATURA $^{\circ}\text{C}$	FECHA DE PRUEBA	NOTAS
PUNTO NUMERO 1 PARARRAYO EDF. CENTRAL	5.14	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 2 SUBESTACION 1 POZO 1	0.28	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 3 SUBESTACION 1 POZO 2	0.17	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 4 AULAS 1	0.76	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 5 AULAS 2	0.52	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 6 AULAS 3 POZO 1	0.23	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 7 AULAS 3 PARARRAYO	0.25	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 8 AULAS 3 POZO 2	0.49	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 9 AULAS 4	0.22	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 10 S/E 2 P. EMERGENC. POZO 1	0.12	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 11 S/E 2 P. EMERGENC. POZO 2	0.15	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 12 PTAR	0.31	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω

PARARRAYO POZO 1					
PUNTO NUMERO 13 PTAR PARARRATO POZO 2	0.32	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 14 EDIFICIO BIENESTAR	0.13	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 15 CANCHA DE FUTBOL POZO 1	1.43	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 16 CANCHA DE FUTBOL POZO 2	1.45	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
PUNTO NUMERO 17 PARQUEADERO # 6 POZO 1	4.19	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω
VALOR PROMEDIO DE MEDICION	0.951	HUMEDO	23	03/06/08	< 10 Ω

4. BUENAS PRACTICAS DE INGENIERIA EN INSTALACIONES ELECTRICAS

El objeto fundamental de las buenas prácticas de ingeniería es establecer medidas que garanticen la **seguridad** de las personas, de la vida animal y vegetal y de la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Estas prescripciones parten de que se cumplan los requisitos civiles, mecánicos y de fabricación de equipos.

Establece las exigencias y especificaciones que garantizan la seguridad con base en el buen funcionamiento de las instalaciones, la confiabilidad, calidad y adecuada utilización de los productos, es decir, fija los parámetros mínimos de seguridad para las instalaciones eléctricas generando así calidad de energía eléctrica.

En nuestra inspección se encontraron tomas eléctricos en buen estado, algunos de color naranja conectados después de un circuito especial regulado por UPS. Encontramos al interior de los diferentes tableros eléctricos cables respetando el código de colores; esto permite que en rutinas de mantenimiento no se generen confusiones y probables accidentes. Parte de la iluminación está colgada de un nivel de tensión distinto (480 Voltios), así que esto no afecta directamente a los equipos sensibles conectados a la red de 120 Voltios, excepto algunas bombas halógenas de 50 Watts. Se encontraron los tableros bien etiquetados con el circuito que protege; esto demuestra que hay un interés de minimizar los tipos de riesgo eléctrico latentes en un cuarto eléctrico. En los tableros eléctricos se encontraron indicios de Termografías realizadas, corroborado por el ingeniero encargado de mantenimiento quien nos comentó que una vez al año se realiza una termografía con el fin de prevenir puntos calientes.

El mantenimiento preventivo de los sistemas eléctricos es indispensable para prevenir problemas futuros, se debe mantener ajustados los bornes de las protecciones y conexiones, tableros libres de humedad y suciedad, la medición de parámetros eléctricos es vital para mantener el control cuando lleguen nuevos equipos o cuando existan reformas locativas y en lo posible la actualización de los archivos técnicos. Todas estas prácticas previenen el riesgo eléctrico y van en la mejora de la seguridad personal e industrial.

Por ejemplo para mejorar la inducción electromagnética que se traducen en ruidos en la imagen o en el audio que se presenta en la cabina de edición, se recomienda una restructuración en el cableado estructurado, (Ver figuras 6 y 7) ; como se hace al final del estudio.

Figura 19. Cableado no recomendado cabina de edición 3.

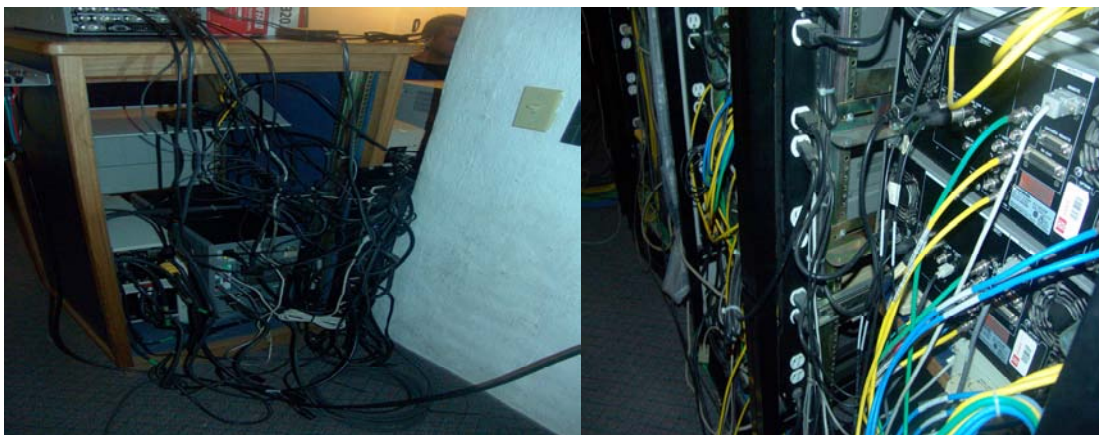
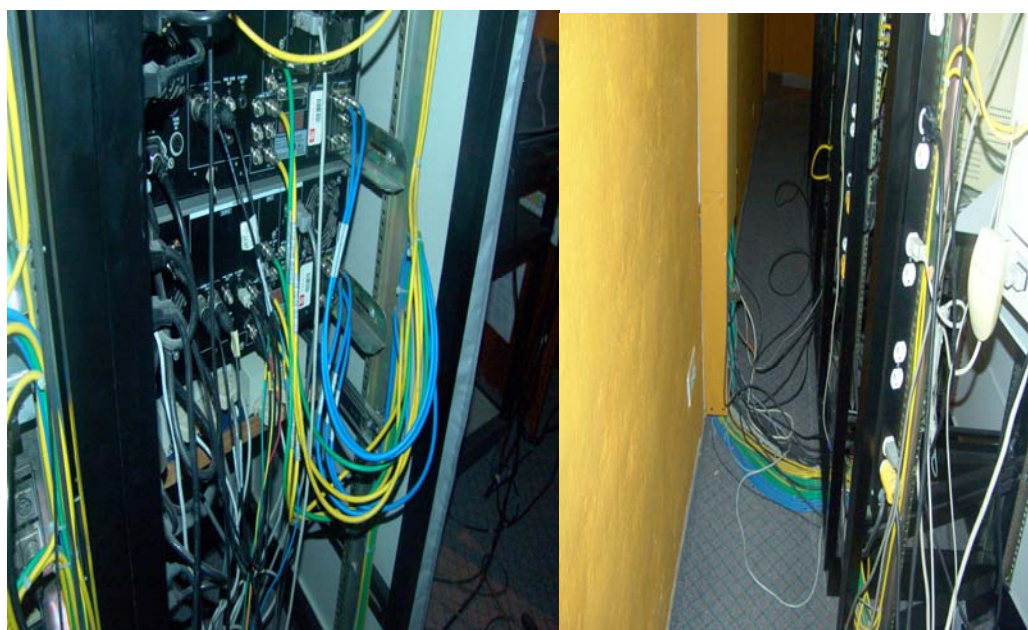


Figura 20. Cableado no recomendado central de video.



5. CONCLUSIONES

- Con el presente estudio se logró, primero que todo, en compañía con el Grupo técnico del Dpto. Planta Física de la Universidad Autónoma de Occidente analizar, sectorizar fenómenos de tipo eléctrico y dar sugerencias y posibles soluciones para que los equipos del CPA funcionen de manera óptima en un entorno seguro para los equipos y operarios. Esto no solo hace que se optimice el recurso técnico y humano si no que se garantiza que la inversión económica realizada por la universidad perdure.
- Se logró recopilar y clasificar la información técnica de los diferentes equipos del CPA, y de las fuentes de alimentación eléctrica, verificando y analizando parámetros y fenómenos eléctricos posibles causantes del mal funcionamiento de algunos equipos. Se encontraron fenómenos típicos como el de armónicos en la red de equipos electrónicos pero no dañinos ni exagerados, normalmente controlados con transformadores trifásicos con configuración Delta – Estrella. Se encontraron algunos problemas de calidad de energía como las reconexiones de tensión por causa de EMCALI o en algunos casos producido por la misma Universidad cuando pasa de estado de planta de Emergencia a estado normal que amerita un proyecto de soporte de energía ininterrumpida por el costo y lo delicado de los equipos.
- Se identificaron en los archivos técnicos del Departamento de Planta Física los circuitos y tableros correspondientes al CPA; se compararon físicamente en el sitio y se corroboró que había correspondencia.
- Se compararon los parámetros eléctricos medidos en los diferentes puntos de alimentación como voltaje, frecuencia, corriente, THD de voltaje y Corriente, transitorios de tensión, desbalances de tensión , nivel de referencia de tierra, verificación de polaridad entre otros con los datos obtenidos en los manuales y fichas técnicas de los equipos del CPA, corroborando que se cumplen los requisitos de instalación de estos equipos, exceptuando problemas de variación de frecuencia cuando se alimentaba por medio de la Planta eléctrica, situación que se corrigió con ayuda del proveedor de la Planta.

- Mientras se realizaban las mediciones en cada uno de los puntos se coordinaron reuniones parciales para el análisis de los datos obtenidos y así permitir que el Dpto. de planta física fuera corrigiendo las inconsistencias encontradas.

- Se encontró que el problema de la inestabilidad de la frecuencia en el momento de alimentar los equipos con la planta eléctrica, se debía a la presión de alimentación de gas natural y a que se había desajustado el controlador de velocidad de la planta. Esta situación gracias a este estudio se logró corregir con el proveedor de la Planta ajustando los parámetros.

6 RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer seguimientos periódicos con carga de la velocidad y la frecuencia del grupo electrógeno.
- Realizar una única malla de tierras para equipos sensibles del CPA unificada con las otras mallas de tierra de la universidad y así tener una sola referencia y cumplir lo que dice el RETIE.
- Se recomienda analizar la viabilidad de un proyecto futuro para la instalación de equipos de soporte de energía ininterrumpida (UPS) para soportar la alimentación eléctrica de todos los equipos del CPA, esto eliminaría los problemas de reconexiones eléctricas y cortes de corta y larga duración.
- Tomando en cuenta que como soporte al análisis de Calidad de energía es imprescindible realizar buenas prácticas de ingeniería, se recomienda crear rutinas de mantenimiento, monitoreo permanente del sistema e inspección de las conexiones de fuerza y de redes de comunicaciones, buscando eliminar problemas de compatibilidad electromagnética.
- Se sugiere de manera periódica brindar capacitación a los encargados del mantenimiento de los diferentes equipos y tableros eléctricos, mas aun cuando se presenta una renovación de dichos equipos ya que se encontró que en varias situaciones no se esta brindando la mínima capacitación y entrenamiento al respecto.

BIBLIOGRAFIA

IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY and THE SUBSTATION COMMITTEE. IEEE guide for safety in ac substation grounding. New York : IEEE, 2000. 192 p

IEEE STANDARDS COORDINATING COMMITTEE 22 ON POWER QUALITY. IEEE recommended practice for monitoring electric power quality. New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1995. 220 p.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1991. 240 p

_____. IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2005. 230 p

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Código eléctrico nacional : norma 2050. Bogotá: ICONTEC, 1989. 871p. NTC 2050

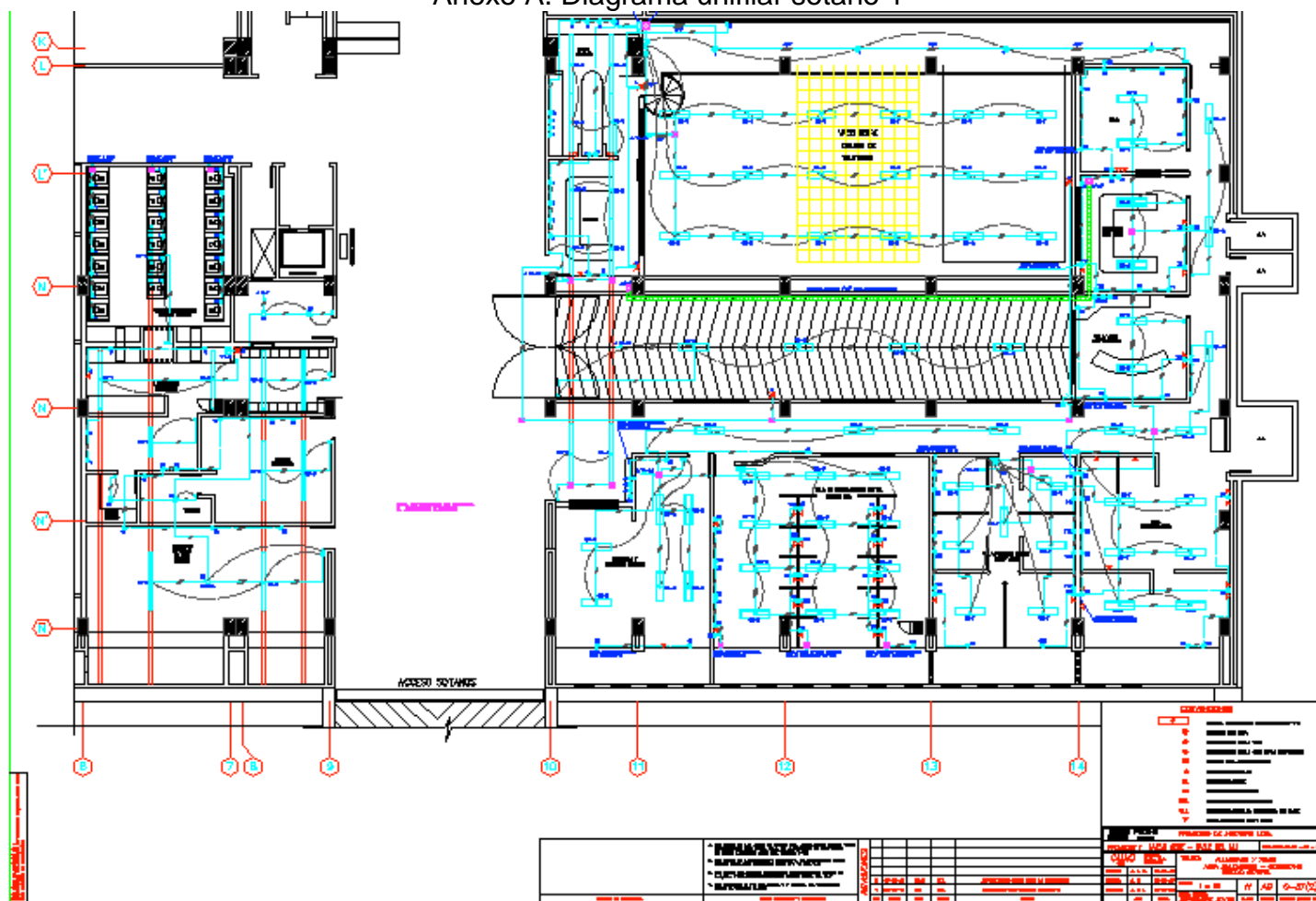
Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas [en línea]. Bogota D.C.: Ministerio de Minas y Energia, 2005. [consultado 15 de mayo de 2008]. Disponible en Internet:

www.minminas.gov.co/minminas/prensa.nsf/0/6aad1040aad1824f05256ff50067de23?

TRANSMISSION AND DISTRIBUTION COMMITTEE OF THE IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY. IEEE recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems. New York: IEEE Industry Applications Society, 1993. 189 p.

TÉLLEZ RAMÍREZ, Eugenio. Calidad de La Energía [en línea]. Puebla: Watergy México, 2006. [consultado 15 de mayo de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.watergymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento/Calidad%20de%20la%20Energia.pdf>

ANEXOS Anexo A. Diagrama unifilar sotano 1



Anexo B. Diagrama Unifilar sotano 2

